

Recenzja nr 05/dr/SJW

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Mateusza Przytuły pt. *Metodyka automatyzacji procesu wytwarzania przyrostowego MEX z zastosowaniem infrastruktury sieciowej*

Podstawa opracowania recenzji: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza dr. hab. inż. Andrzeja Burghardta, prof. Uczelni, nr RM-530-29-02/2023 z dnia 19.12.2023 r. oraz umowa o dzieło nr NN-530-08-02/24 z dnia 19.01.2024.

1. Tematyka rozprawy

W ujęciu ogólnym, tematyka recenzowanej rozprawy doktorskiej dotyczy zagadnienia automatyzacji procesu wytwarzania przyrostowego metodą MEX przy zastosowaniu infrastruktury sieciowej, uwzględniając analizę metod integracji sieciowej drukarek 3D, układów zdalnej kontroli i monitorowania procesu wytwarzania a także mechanizmów kontroli ilości dostępnego materiału produkcyjnego oraz zastosowania robota współpracującego do transportu wytworzonych modeli. Wartym podkreślenia jest fakt, iż na przełomie kilkunastu ostatnich lat problematyka wytwarzania przyrostowego przy zastosowaniu druku 3D stała się przedmiotem licznych badań i publikacji a na dodatek stanowi jeden z wyznaczników Czwartej Rewolucji Przemysłowej. Świadczy to o istotnym novum podjętego przez Pana mgr. inż. Mateusza Przytułę tematu. Ponadto, zdecydowana większość badań dotyczących druku 3D skupia się głównie na analizie zjawisk fizycznych zachodzących w procesach wytwarzania przyrostowego, a także ocenie jakości wytworzonych elementów i wydajności procesu. W związku z tym, podjęta przez Pana mgr. inż. Mateusza Przytułę tematyka rozprawy doktorskiej wypełnia lukę w obszarze druku 3D, skupiając się na opracowaniu oryginalnej metodyki automatyzacji procesu wytwarzania przyrostowego przy zastosowaniu infrastruktury sieciowej i robota przemysłowego.

Podsumowując, podjętą tematykę rozprawy uważam za nowatorską i bardzo ważną w aspekcie pragmatycznym, a w ten sposób oceniam jak najbardziej pozytywnie.

2. Ogólna ocena treści, układu i zakresu rozprawy

Rozprawa liczy 171 stron i składa się z 7 zasadniczych rozdziałów oraz wykazu ważniejszych oznaczeń i akronimów, spisu treści w języku polskim, streszczeń w języku polskim i angielskim, oraz spisu literatury obejmującego 127 pozycji.

W rozdziale wprowadzającym, Autor rozprawy w sposób syntetyczny charakteryzuje istotę, cechy oraz zastosowanie technik druku 3D, a następnie wskazuje pewne trendy w dziedzinie rozwoju druku 3D.

W rozdziale drugim rozprawy, Autor przedstawia aktualny stan zagadnienia w oparciu o wyniki prac różnych badaczy. Niestety na początku rozdziału zabrakło akapitu

wprowadzającego, przedstawiającego w syntetyczny sposób strukturę omawianych (w przeglądzie literatury) zagadnień. W podrozdziale 2.1 scharakteryzowano istotę metod przyrostowych, takich jak: wytłaczanie warstwowe materiału (MEX), fotopolimeryzacja objętościowa, selektywne spajanie sproszkowanego materiału, ukierunkowane stapianie dostarczanego materiału, warstwowy nadruk płynnego materiału, spajanie sproszkowanego materiału płynnym spoiwem oraz laminacja warstwowa przekrojów. W mojej opinii charakterystyka ta została przeprowadzona w sposób prawidłowy, dostarczając głównych informacji o przebiegu omawianych procesów druku 3D. Niemniej, celem zwiększenia przejrzystości wyводу mogłaby być uzupełniona o schematy graficzne ukazujące istotę danych procesów. Zamiast takich schematów Autor przedstawił kilka ogólnych fotografii, prezentujących wybrane drukarki 3D. W podrozdziale 2.2 scharakteryzowano drukarki 3D w strukturach sieciowych. W rozdziale tym, w interesujący sposób zaprezentowano ewolucję komunikacji sieciowej drukarek 3D. Ponadto, poddano dyskusji zagadnienia platform chmurowych, oraz serwerów wydruku. Atutem niniejszego podrozdziału jest opracowanie autorskich tabel zestawiających najważniejsze cechy/właściwości dostępnych na rynku platform chmurowych oraz serwerów wydruku. Podrozdział 2.3 dotyczył zagadnienia monitorowania procesu druku 3D. W jego ramach Autor wyróżnił trzy podstawowe grupy metod monitorowania procesu druku 3D, takie jak: monitorowanie procesu przez operatora, automatyczna diagnostyka maszyny do druku 3D oraz automatyczna detekcja defektów wydruku. W podrozdziale 2.4 zaprezentowano przegląd istniejących zautomatyzowanych systemów do druku 3D, skupiając się na istocie działania systemów takich jak: 3D Prusa Research, Stratasys Continuous Build 3D Demonstrator, Figure 4 Production, 3DQue, Ford, Evco Plastics, Voodoo Manufacturing, Formlabs Form Cell i Mosaic Array. W mojej opinii, podrozdział ten stanowi najbardziej wartościową część zaprezentowanego aktualnego stanu zagadnienia, gdyż w sposób bezpośredni koresponduje z problematyką poruszaną w rozprawie doktorskiej. Jednakże, celem zwiększenia przejrzystości zaprezentowanych treści, można byłoby opracować na przykład dokładniejsze schematy przedstawiające zasadę działania omawianych zautomatyzowanych systemów.

Podsumowując rozdział 2 rozprawy mogę stwierdzić, że Autor w sposób dość kompleksowy i interesujący dla czytelnika przedstawił istotę metod druku 3D, zastosowanie ich w strukturach sieciowych oraz przegląd zautomatyzowanych systemów do druku 3D. W rozdziale tym zabrakło jednak syntetycznego podsumowania dokonanego przeglądu literatury, zawierającego przedstawienie aktualnych trendów naukowych, istniejących luk badawczych oraz – w tym kontekście – uzasadnienia podjęcia tematu rozprawy. Warto byłoby również uwypuklić w treści rozdziału zagadnienia istotności pracy w sieci oraz automatyzacji systemów do druku 3D w aspekcie zwiększenia wydajności i wielkości produkcji.

W rozdziale 3, Autor sformułował tezę, cel oraz zakres pracy. Przytaczając za Autorem, teza pracy brzmi następująco:

„(...) integracja drukarek 3D, systemów numerycznych, systemów monitoringu i zrobotyzowanych urzędzeń wykonawczych z zastosowaniem infrastruktury sieciowej umożliwi automatyzację wytwarzania przyrostowego, szczególnie w zakresie operacji przed i poprocesowych, co z kolei umożliwi skrócenie czasu pracy operatora i zmniejszenie kosztów wytwarzania produktów.”

W mojej opinii teza pracy została sformułowana szczegółowo, jednoznacznie i nietrywialnie. Niemniej, warto byłoby treść tezy oddzielić od tekstu właściwego rozprawy celem podkreślenia jej istotnego znaczenia. W aktualnej formie trudno ją zidentyfikować w tekście rozprawy oraz oddzielić od pozostałej treści. Zdefiniowany przez Autora cel oraz zakres rozprawy są sformułowane jednoznacznie i merytorycznie oraz wskazują na szerokie spektrum badań własnych.

W rozdziale 4 Autor scharakteryzował zastosowaną metodykę i aparaturę badawczą w przeprowadzonych badaniach własnych. W podrozdziale 4.1 dokonał analizy dostępnego parku maszynowego i doboru technologii druku 3D do badań własnych. Z przeprowadzonej przez Autora analizy wynika, iż w ramach badań własnych dokonał wyboru techniki wytłaczania warstwowego materiału (MEX), gdyż charakteryzuje się ona dużym poziomem uniwersalności. Z kolei zastosowania techniki wytwarzania MEX dotyczą zarówno urządzeń klasy przemysłowej, jak również mniejszych drukarek 3D klasy desktop i obejmują pracę w środowisku przemysłowym oraz naukowym. W ten sposób dobór niniejszej technologii do przeprowadzenia badań własnych uznaję za w pełni zasadny. W podrozdziale 4.2 Autor dokonał opisu zastosowanej metodyki integracji sieciowej drukarek 3D. Podrozdział 4.3 rozprawy dotyczył zastosowanych mechanizmów kontroli i ilości dostępnego materiału produkcyjnego. Z treści niniejszego podrozdziału wynika, iż w ramach prac nad metodyką automatyzacji, opracowane zostały cztery modele pomiaru i ewidencji dostępnego materiału produkcyjnego, takie jak: model standardowy uproszczony (nieuwzględniający mechanizmów bezpośredniego pomiaru ilości filamentu w szpuli), model standardowy rozszerzony (uwzględniający bazę danych materiałów produkcyjnych), model zautomatyzowany uproszczony (wyposażenie drukarek 3D w specjalistyczny uchwyt szpuli z wbudowaną wagą tensometryczną) oraz model zautomatyzowany rozszerzony (wyposażenie drukarek 3D w specjalistyczne uchwyty szpuli rozszerzone o automatyczny układ identyfikacji szpuli). W mojej opinii, treść niniejszego podrozdziału dostarcza istotnych informacji o opracowanych oryginalnych rozwiązaniach dotyczących zastosowanej metodyki badań. Niemniej, w treści niniejszego podrozdziału zabrakło jednoznacznej informacji, iż opracowane modele pomiaru i ewidencji dostępnego materiału produkcyjnego są oryginalnym i autorskim rozwiązaniem Pana mgr. inż. Mateusza Przytuły (przycząc treść podrozdziału: *w ramach prac nad metodyką automatyzacji opracowane zostały cztery modele (...)*). W podrozdziale 4.4 Autor poddał charakterystyce monitoring wizyjny procesu druku 3D. Przeprowadzone analizy dotyczyły porównania zastosowania budżetowych kamer typu „open-frame” oraz wyspecjalizowanej kamery o wysokiej rozdzielczości celem identyfikacji uszkodzeń druku 3D podczas procesu wytwarzania. Zaprezentowane w podrozdziale analizy są w mojej opinii istotne w kontekście prowadzonych badań własnych. Jednakże, w podsumowaniu podrozdziału zabrakło jednoznacznej informacji, którą metodę monitoringu druku 3D zastosowano w badaniach własnych? W kolejnym podrozdziale (4.5) omówiono metodykę transportu wyrobów z zastosowaniem robota współpracującego. W ramach prowadzonych badań własnych Autor zastosował dwa podejścia. Pierwsze zakładało wykorzystanie elektrycznego chwytaka dwupalczastego zamontowanego na robocie współpracującym. Drugie bazowało na podmianie całej zadrukowanej platformy na nową, przy pomocy specjalnie zaprojektowanego chwytaka w kształcie płaskich widełek zamontowanych na ramieniu robota. Ważnym merytorycznie podsumowaniem niniejszego podrozdziału jest opracowanie przez Autora tabeli

zestawiającej zalety i wady obu rozwiązań, która jednoznacznie uzasadnia dobór lepszego rozwiązania do dalszych badań. Podrozdział 4.6 dotyczył omówienia zastosowanej metodyki automatyzacji. W podrozdziale tym Autor w sposób przejrzysty zaprezentował (przy pomocy odpowiednich schematów) etapy fazy przygotowawczej oraz wytwarzania, dotyczących opracowanej metodyki automatyzacji. W kolejnym podrozdziale (4.7) Autor omówił zastosowane stanowisko w badaniach własnych. W ramach wykonanych prac Autor opracował oryginalną konstrukcję stanowiska podawczo – sortującego, które dodatkowo stanowiło podstawę zgłoszenia patentowego. W dalszej części podrozdziału omówiono budowę tego stanowiska i zaprezentowano kompleksowy schemat przedstawiający infrastrukturę sprzętową opracowanej stacji druku 3D. Niniejszy podrozdział zawierał także omówienie oryginalnej aplikacji komputerowej opracowanej celem nadzorowania procesu druku 3D. W podsumowaniu, wartość merytoryczną niniejszego rozdziału oceniam wysoko. Autor zaprezentował w nim szereg autorskich rozwiązań podkreślających oryginalny i nowatorski charakter prowadzonych badań własnych. Niemniej, pewien niedosyt pozostawia brak zaprezentowania w tym rozdziale ogólnego schematu sekwencji wykonywanych działań w ramach prowadzonych badań (np. zdefiniowana zakresu badań wstępnych, zasadniczych i uzupełniających). Wprowadzenie niniejszego schematu umożliwiłoby zwizualizowanie całokształtu działań prowadzonych w ramach badań własnych.

Rozdział 5 rozprawy dotyczył analizy wyników badań własnych związanych z zastosowaną automatyzacją procesu druku 3D. W mojej jednak opinii, tytuł tego rozdziału brzmiący: „*Badania wpływu automatyzacji*” jest mało precyzyjny i nie odzwierciedla w pełni zawartości rozdziału. Ponadto, jeżeli Autor formułuje w treści zwrot „*badania wpływu*” to w konsekwencji należałoby również doprecyzować na co ten wpływ jest wywierany? W pierwszej części rozdziału (podrozdział 5.1) zaprezentowano metodykę badań teoretycznych dotyczących procesu wytwarzania w trybach: konwencjonalnym oraz automatyzacji I i II stopnia. Podrozdział ten zawierał szczegółowe algorytmy przebiegu procesu druku 3D w analizowanych trybach pracy oraz równania matematyczne stosowane w celu obliczenia analizowanych wielkości wyjściowych (np. kosztów pracy operatora, kosztów wytworzenia jednego modelu, itd.). Pewnym drobnym zastrzeżeniem jest niespójność dotycząca definiowania jednostek w zmiennych stosowanych w przytoczonych wzorach, tzn. niektóre wielkości mają podane jednostki (np. koszt zużytych materiałów – „zł”), inne nie (np. czas wykonania pojedynczej inspekcji wydruku). W kolejnym podrozdziale (5.2) Autor rozprawy scharakteryzował typy modeli 3D zastosowane w prowadzonych badaniach. W tym celu dobrał dwa typy kół zębatych oraz korpus przekładni. W kolejnych podrozdziałach (5.3 – 5.5) przedstawiono tabelarycznie oraz graficznie wyniki badań symulacyjnych, wraz z ich analizą. Zaprezentowano oszacowane wartości kosztów dla analizowanych typów modeli 3D, zróżnicowanych wielkości produkcji oraz zdefiniowanych trybów pracy (tryb konwencjonalny oraz automatyzacja I i II stopnia). Podsumowując, uważam, iż rozdział 5 stanowi merytorycznie najważniejszy rozdział dysertacji. Przeprowadzone w ramach rozdziału analizy ukazują istotny wpływ opracowanych metod automatyzacji druku 3D na wygenerowane koszty produkcji. Jednakże pewnym drobnym mankamentem jest brak zdefiniowania w opisie metodyki jakie wielkości wejściowe i wyjściowe zostaną poddane analizie w ramach rozdziału? Dodatkowo, w mojej opinii część badawcza dysertacji mogłaby być wzbogacona o przeprowadzenie pewnych bardziej szczegółowych symulacji procesu wytwarzania w oparciu o dedykowane oprogramowanie do

zarządzania procesami produkcyjnymi, a także poprzez zastosowanie metod optymalizacji celem zdefiniowania optymalnego trybu pracy dla danych warunków wejściowych. Szczegółowo do treści rozdziału 5 odniosę się także w dalszej części recenzji.

W rozdziale 6 pod tytułem *Podsumowanie i wnioski*, Autor przedstawił w syntetyczny sposób najważniejsze konkluzje z przeprowadzonych badań, a także sformułował wniosek, iż teza pracy została potwierdzona. Warto podkreślić, iż uzyskane wyniki badań własnych zaprezentowano zarówno w sposób jakościowy, jak i ilościowy, co podkreśla wartość naukową rozprawy.

Ogólna kompozycja rozprawy zasługuje na ocenę pozytywną. Autor poprawnie przyjął kolejność rozdziałów i w większości przypadków dokonał prawidłowego podziału treści na rozdziały i podrozdziały. Praca zrealizowana jest również na wysokim poziomie językowym i edycyjnym, co wpływa pozytywnie na poczytność rozprawy i zrozumienie treści. W treści pracy można wyróżnić pewne drobne błędy językowe i literówki, jednakże mają one znaczenie drugorzędne i nie umniejszają znaczących walorów naukowych pracy.

Podsumowując ogólną ocenę treści rozprawy chciałbym przedstawić jej najważniejsze zalety naukowe, wskazujące jednocześnie na osiągnięcia naukowe Autora:

- nowatorska i niszowa tematyka rozprawy w obszarze technik wytwarzania przyrostowego, dotycząca opracowania metodyki automatyzacji druku 3D,
- kompleksowe podejście do problemu badawczego obejmujące: szerokie badania projektowe/konstrukcyjne (konstrukcja oryginalnego stanowiska podawczo-sortującego), opracowanie autorskiego oprogramowania do nadzoru procesu druku 3D oraz badania teoretyczne/analytyczne szacunku kosztów wytwarzania,
- pragmatyczne wyniki badań własnych dotyczących zautomatyzowanego modułowego środowiska druku 3D, wskazujące na poprawę efektów ekonomicznych produkcji, a w ten sposób na zasadność opracowanej koncepcji badawczej.

3. Uwagi do rozprawy doktorskiej

W niniejszej części recenzji zaprezentuję pewne uwagi, a także fragmenty rozprawy wymagające dodatkowych komentarzy i wyjaśnień ze strony Autora. Chciałbym zaznaczyć, iż w większości przypadków uwagi te mają charakter dyskusyjny, a nie stanowią bezpośredniego stwierdzenia niedociągnięć lub błędów.

- **Rozdział: 1. Wstęp, s. 9.** Proszę o doprecyzowanie, czy przytoczona w pierwszych zdaniach rozdziału definicja dotyczy druku 3D, czy technik wytwarzania przyrostowego? Z treści wynika, iż definiowane jest wytwarzanie przyrostowe. Niemniej, pojęcie wytwarzania przyrostowego jest bardzo szerokie i ujmuje – oprócz druku 3D – również techniki nanoszenia powłok (np. napawanie, natryskiwanie cieplne) oraz metalurgię proszków (np. spiekanie metali).
- **Rozdział: 2.2.1. Platformy chmurowe, s. 22.** Przytaczając za Autorem: „(...) rodzaju wymaganego materiału oraz *ilości sztuk* (...)” W odniesieniu do elementów

policzalnych, zalecane jest stosowanie formy „liczby sztuk”. Takowa nieścisłość językowa powtarza się kilka razy w dysertacji.

- **Rozdział: 2.3. Monitorowanie procesu druku 3D, s. 27.** Przytaczając za Autorem: „*Jedno z nich przedstawia metodę wykrywania nienormalnych stanów pracy drukarki 3D (...) wykorzystując zjawisko emisji akustycznej [63]. Przebieg emisji rejestrowany jest przez czujnik wibracji przymocowany do obudowy ekstrudera.* W drugim z przytoczonych zdań występuje pewna nieścisłość. Proszę o sprawdzenie, czy przebieg EA nie powinien być zarejestrowany przy pomocy czujnika emisji akustycznej zamiast czujnika wibracji?
- **Rozdział: 2.3. Monitorowanie procesu druku 3D, s. 27.** Zwrot: „ilość drgań” nie ma sensu fizycznego. Proszę o sprawdzenie poprawności zwrotu.
- **Rozdział: 5.1. Metodyka prowadzenia badań, s. 73.** Według autora zostały przeprowadzone badania symulacyjne. Tak sformułowane zdanie wskazywałoby na zastosowanie w programie badań własnych pewnych specjalistycznych programów (np. typu CAP) celem wykonania symulacji. Jednakże, z treści pracy wynika, iż autor prowadził badania jedynie w oparciu o zależności analityczne dotyczące kalkulacji ekonomiki procesu wytwarzania?
- **Rozdział: 5.1.1. Opis przebiegu procesu wytwarzania w trybie konwencjonalnym, s. 77.** Zwrot: „ilość wykorzystanego filamentu [kg]” powinien być zastąpiony zwrotem: „masa wykorzystanego filamentu [kg]”.
- **Rozdział: 5.1.1. Opis przebiegu procesu wytwarzania w trybie konwencjonalnym, s. 79, 90.** Czy w treści pracy podano wartość parametrów $t_{amortyzacji}$, k_{OP} ? Nie mogłem znaleźć przyjętych wartości tych parametrów w tekście.
- **Rozdział: 5.5.1. Koło zębate KZ-1, s. 129.** Zwrot: „wartość ta jest mniej więcej stała” jest kolokwializmem i powinien zostać zastąpiony innym zwrotem.
- **Rozdział: 5.5.2. Korpus przekładni, s. 135.** Z analiz przeprowadzonych w tym rozdziale wynika, iż koszty wytworzenia przy zastosowaniu II stopnia automatyzacji są wyższe niż te uzyskane podczas wytwarzania w I stopniu automatyzacji. Niniejsza zależność powtarza się jeszcze w kilku innych częściach dysertacji. Niemniej w treści pracy nie znalazłem szczegółowego wyjaśnienia przyczyn tej zależności?
- Z przedstawionych w rozdziale 5 rozważań wynika, iż autor przeprowadził analizy dotyczące opracowanego zautomatyzowanego modułowego środowiska druku 3D jedynie na bazie obliczeń analitycznych (np. kosztów). Czy rozważałby w przyszłości pewną weryfikację doświadczalną przyjętych wyników? Ponadto, jakie błędy oszacowania (np. kosztów wytworzenia) mogą występować w przyjętej metodzie?
- Czy przeprowadzone przez Autora obliczenia w rozdziale 5 uwzględniły zmienność przyjętych w obliczeniach czasów (np. obsługi aplikacji, wymiany platformy, wymiany filamentu, przejście i powrót ze stanowiska, i inne) dla różnych pracowników/operatorów (np. różniących się wiekiem i doświadczeniem)? W jaki sposób te zmiany mogą wpłynąć na wygenerowane wyniki obliczeń?
- Czy przeprowadzone przez Autora obliczenia w rozdziale 5 uwzględniły potencjalnie występujące błędy związane z jakością wydruków modeli 3D (np. błąd

rozwarstwienia materiału, błąd typu „spaghetti”, i inne)? W jaki sposób ten czynnik może wpłynąć na wygenerowane wyniki obliczeń przedstawione w pracy?

- Czy w wynikach badań własnych dokonano oceny minimalizacji kosztów wytwarzania ze względu na np. liczbę drukarek 3D, czasów druku, trybu pracy? Takową analizę można byłoby w łatwy sposób przeprowadzić w szerokim zakresie parametrów wejściowych, stosując wybraną metodę optymalizacji (np. minimalizacji funkcji użyteczności całkowitej).
- Czy opracowane przez Autora oryginalne zautomatyzowane modułowe środowisko druku 3D można byłoby zaadaptować do wytwarzania przyrostowego metali (np. przy użyciu technik SLS, SLM, FDM)? Jakie ewentualne zmiany w systemie należałoby w tym celu wprowadzić?

3. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując recenzję stwierdzam, że mgr inż. Mateusz Przytuła zdefiniował, a następnie rozwiązał istotny i aktualny problem naukowy dotyczący zagadnienia automatyzacji procesu wytwarzania przyrostowego metodą MEX przy zastosowaniu infrastruktury sieciowej. W ramach badań własnych zaproponował kompleksowe podejście do problemu badawczego obejmujące: szerokie badania projektowe/konstrukcyjne (konstrukcja oryginalnego stanowiska podawczo-sortującego), opracowanie autorskiego oprogramowania do nadzoru procesu druku 3D oraz badania teoretyczne/analizyczne szacunku kosztów wytwarzania. Wykonanie tych badań wymagało od Autora dużej wiedzy w obszarze technik wytwarzania przyrostowego, automatyzacji i robotyzacji, oraz informatyki. Świadczy to o wysokim poziomie naukowym Doktoranta i jednocześnie potwierdza jego gotowość do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

W świetle dokonanej analizy i sformułowanych ocen stwierdzam, że rozprawa mgr. inż. Mateusza Przytuły pt. *Metodyka automatyzacji procesu wytwarzania przyrostowego MEX z zastosowaniem infrastruktury sieciowej* w pełni spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące w tym względzie aktualne przepisy (art. 13 ust. 1 Ustawa z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z dnia 21.06.2016r., poz. 882)) i może stanowić podstawę do nadania jej Autorowi stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Może być, zatem dopuszczona do publicznej obrony.

Szymon Wojciechowski

